



Bergvesenet rapport nr 5994	Intern Journal nr Fra Kasse merket 12.04.94	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra ..arkiv Folldal Verk AS	Ekstern rapport nr	Oversendt fra Folldal Verk a.s.	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Deformasjon og remobilisering av Tverrfjellets malm				
Forfatter Motys, Milosh H.		Dato År 12.11 1987	Bedrift (oppdragsgiver og/eller oppdragstaker) Folldal Verk A/S	
Kommune Dovre	Fylke Oppland	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad 15193	1: 250 000 kartblad Røros
Fagområde Geologi	Dokument type		Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) Tverrfjellet	
Råstofgruppe Malm/metall	Råstofftype Cu, Zn, S			

Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse

Ved oppfaring og tilredning sparer man på store utgifter når man driver etter godt bearbeidet og tolket strukturteknikk. Det har vist seg spesielt i de dypere liggende områder av Tverrfjellet gruve, under nivå 6 i malmsoner IV, VI og VII. Man kan også planlegge en riktig utforming av strosserom med hensyn, til strukturtekniske forhold i malmen og sidebergarter. Dette vil bidra til å hindre sidegråbergtilblanding i råmalm og bedre økonomien betraktelig. Uten kunnskaper om de virkelige geologiske forhold og uten god geologisk kartmateriale/dokumentasjon vil et bergverk som Tverrfjellet gruve er, kunne sette seg i alvorlig økonomisk situasjon. Det er idag mulig å planlegge blanding og råmalm av forskjellige kvaliteter fra flere brytningsområder/strosser samtidig. Dette skjer under styrt lasting og transport i gruva. Dette medfører at pågangsgehaltene blir jevnest mulig og det gir forutsetning for gode resultater i oppredningsverket. Idag har vi mulighet til å kontrollere og styre denne prosedyren ved hjelp av IBM-PC, ved hjelp av godt geologisk kartmateriale, geokjemiske kotekart og koteprofiler og detaljert malmreserveberegning. Man vil enda bedre utnytte og økonomiser mesteparten av all drivbar malm in situ i gruva. I løpet av flere år, fantes det mange gode råd for videre malmletingsprogram ved Tverrfjellet gruve. Mesteparten av disse har ikke vært realistiske nok p.g.a. disse ble bygget på stort sett bare teoretisk grunnlag og/eller bare geofysiske målinger og geokjemiske data. Det har til slutt vist seg at de malmletingsforslagene for nærliggende områder av Tverrfjellets gruve, utarbeidet ved gruvegeologen i 1974 t.o.m. 1979, som ble bygget på realistiske geologiske, strukturtekniske og litostratigrafiske forhold i gruva, har vært mest riktige. Dette er bekreftet ut fra de erfaringene og resultatene som ble oppnådd i de siste årene.

=====

* * DEFORMASJON OG REMOBILISERING AV TVERRFJELLET'S MALM. * *

=====

I. INNLEDNING.

I.a. Kort historik.

Folldal Verks historie begynner i 1745. Den første svovelkismalm ble funnet i Folldal av folldølen Ole Husum. Produksjonen startet i 1748 i Folldal Hovedgruve. I 1957 sikret Folldal Verk A/S seg rettighetene over Tverrfjellforekomsten. Man gikk i gang med undersøkelsene i perioden 1957 til 1965. I 1965 besluttet styret i Folldal Verk A/S at forekomsten skulle utbygges for produksjonsdrift. Anlegget ble oppført i løpet av ca 3-års periode og produksjonen begynte opprinnelig sommeren 1968. Se bilag nr. 1 og tabell nr. 1.

Folldal Verk A/S avd. Tverrfjellet eies av Orkla - Borregaard A/S konsernet. Selve gruva og oppredningsanlegget ligger ved Hjerkinns jernbanestasjon, ca. 1,5 km vest-nordvest i Dovre kommune, og ca. 170 km syd for Trondheim og 31 km vest for Folldal. Bedriften hadde 212 ansatte ved utgangen av 1986.

I.b. Produksjon, gehalter og malmmengder.

Produksjonen kommer i dag stort sett fra de dypeste partiene av Tverrfjellet gruve. Produksjonen var i 1985: 663.013 tonn råmalm (tørrvekt) med 1,11 % Cu, 0,96 % Zn og 27,20 % S. I 1986: 684.037 tonn råmalm (tørrvekt) med 1,15 % Cu, 1,00 % Zn og 27,60 % S. Se bilag nr. 1 og tabell nr. 1. Dette ga 25.344 tonn kobberkiskonsentrat (tørrvekt) med 28,44 % Cu, 10.613 tonn sinkblendekonsentrat (tørrvekt) med 53,12 % Zn og 294.531 tonn svovelkiskonsentrat (tørrvekt) med 49,85 % S. I tillegg er det produsert 5.702 kg Ag og 52 kg Au som utvinnes fra kobberkiskonsentrat. For 1987 er det budsjettet med 675.000 tonn råmalm (tørrvekt) med 1,10 % Cu, 0,80 % Zn og 27,00 % S. Det ble utarbeidet planer for en form av styrt produksjon for årene 1988 t.o.m. 1995.

Siste malmreserver/ressurser beregning for Tverrfjellet gruve ble gjort pr. utgangen av 1986, d.v.s. pr. 01.01.1987. Man omregnet detaljer i enkelte områder/blokker på nytt. Det er brukt 3 malmberegningsmetoder, hvor den første er basert på horisontale snitter og den andre på vertikale snitter. Den tredje er basert på planimetrisk digitalisering av kontekst over mektighet og viktigste metall/element gehalter. Slutt-tallene er beregnet som gj.snitt av alle disse tre beregningsmetoder, både kvantitativt og kvalitativt. På tabell nr. 2 og 3 og bilagene nr. 2, 3 og 4 og 5 er det vist situasjon fordelt etter undersøkelseskategorien A, B, C1 og C2. Total sum av malmreservene/ressursene i Tverrfjellet gruve er beregnet pr. 01.01.1987 til 9.317.290 tonn av malm in situ med gj.snitt 1,01 % Cu, 1,03 % Zn og 30,67 % S. Det er 8.599.990 tonn av malm in situ i planlagte strosser og planlagte pilarer, men det er bare 5.564.930 tonn av malm in situ med gj.snittlig 1,09 % Cu, 1,03 % Zn og 29,93 % S, som kan regnes som brytbar malm in situ. Enkelte områder av denne malm er ikke drivverdige alene og man må planmessig sammenblande råmalm fra disse områder med andre drivverdige malmtyper, fra andre områder/blokker. Ved oppstart av oppfaring og tilredning i Tverrfjellet gruve i 1964, rommet drivbar og stort sett drivverdig del av forekomsten 22,5 mill. tonn malm in situ. Det ble totalt utdrevet 11.457.133 tonn råmalm (tørr-

vekt) med 1,05 % Cu, 1,11 % Zn og 29,85 % S. Gj.snittlig innholder prod-sert råmalm ca. 12 % til 15 % sidegråberginnblanding i hele perioden fra 1964 t.o.m. 1986, d.v.s. ca. 1.374.860 tonn og 10.082.273 tonn malm in situ. Man regner med at i løpet av 23-års periode ble det igjen i gruva 3.100.440 tonn malm in situ i pilarer og i de deler av forekomsten som ikke ble drivverdige og/eller ikke drivbare. Total malmtap i denne 23-års periode er på ca. 27,1 %. Man regner med at med fremtidig styrt produksjon, synker malmtap under ovenfor nevnte limit, men samtidig kan man miste deler av forekomsten p.g.a. drivverdigheten av enkelte blokker vil ligge under fremtidens krav. Man kan også risikere å miste del av malmreservene av kategori C1 og C2 etter at mere detaljert kartlegging og diamantboring blir gjort ferdig. Resultater av slik detaljundersøkelser begrenser drivbare og drivverdige deler av forekomsten.

I.c. G e n e r e l t g e o l o g i - / m i l j ø .

Tverrfjellets forekomst er en undersjøisk avsatt stratabundet, polymetallisk sulfidmalm som er tilknyttet til nedre parti av såkalte "Stören-gruppe grønnsteinene" av tremadoc - underordovisisk alder som tilhører Trondheim-dekket. Bergartene av denne serie består stort sett av lavere metamorfe bergarter, som etter Goldschmidt klasifikasjon tilhører grønnskiferfasie og sonevis opp til lavere amfibolittfasie og/eller amfibolittfasie. Disse bergarter tilhører til mafiske metavulkanitter og metasedimenter, avsatt dypt under vannet. Mafiske metavulkanitter består av metabasaltiske grønnskifer (pillow lavas), stedvis med innslag av delvis uregelmessige lag av sure kvarts - metakeratofyrer og av store lag av stort sett mafiske metatuffer og metatuffitter, men stedvis også av sure metatuffer og metatuffitter. Disse metavulkanitter er sonevis blandet sammen og/eller overdekket med metapellitiske sedimenter og turbiditter. I enkelte soner, stort sett i liggen av forekomsten finnes det enkelte lag av vulkano-metakjemitter, som magnetitt, svovelkis og stedvis magnettkis førende metakvartsitter, eller rene metakvartsitter (cherts). Kjemiske preg/karakter av alle disse bergarter antyder tilknytning til "ocean floor", eller stedvis/sonevis "back - ark" sedimentasjonsmiljø.

I.d. M a l m e n s f o r m / d i m e n s j o n , g e o m e t r i .

Tverrfjellets polymetalliske, stratabundet, kompleks sulfidmalm ligger som en stratigrafisk kishorizont som minner om en uregelmessig, og sonevis linseformet plate. Forekomsten hører til klassen stratabundne eller konforme, ekshalativ - sedimenter kismalmer d.v.s. den er et praktfullt eksempel på en dannelselse ved ekshalativ avsetning av metalsulfider på havbunnen, tilknyttet stort sett basisk undersjøisk vulkanisme. Kisforekomsten ligger på den nordvestlige sjenkelen av Trondheimsfeltets store overfoldete antiklinorium. Her ligger den i sydflanken av en vest-øst orientert lokale synklinorium av "Störengruppe grønnsteinene", som stuper mot øst med 25 grader - 30 grader. Denne synform er delt i to gjennom en postmetamorfe, sannsynlig permisk, normal - revneforkastning med strökkretning 10 - 15 grader, nord - syd og med meget stabilt fall på 50 grader mot øst. Denne "Storforkastning" har samme genetiske utvikling som de godt kjente forkastninger i "Oslofeltet". Tverrfjellets "Storforkastning" er mulig å koble sammen med Drivdalens forkastningssystem i nord og med Gudbrandsdalens forkastninger i syd, som fortsetter over Mjösa til "Oslofeltet". Gj.snittsbredde av "Storforkastnings" konsolidert breksjesone er ca. 50 m. Etter de data som er tilgjengelig vil man anta det reelle forkastningssprang å være minst 1.500 - 1.700 m. Dette er stort sett beregnet etter en korelasjonsprinsipp mellom bredde

av mylonitt-/breksje forkastningssone og forkastningssprang (B.Stoces og P.Kveton 1953, E.C.Robertson 1983). Dette gjelder bare normale forkastninger. Se bilag nr. 6,7,8 og 9. Den østliggende blokk i heng, som inneholder fortsettelse av mulig drivbar kissone fra liggblokken sank nedover mot øst. Kissonen befinner seg i hengblokken sannsynelig minst 300-400 m under havets nivå d.v.s. 1.300 - 1.400 m under dagen. Forekomsten i dette området er av samme kvalitet som vi kjenner fra oppfart og tilredet Tverrfjellets kismalmsoner i vestlig liggblokk av "Storforkastning" og er dermed i dag uinteressant for videre gruvedrift p.g.a. for lav malmverdi til å dekke utgifter for oppfaring, tilredning og brytning i en slik stor dybde.

"Storforkastnings" problematikken er blitt tidligere detaljbeskrevet i gruvegeologens rapporter fra 1973, 1974, 1975, 1978 og 1981 o.s.v. og omtalt i gruvegeologens foredrag på "Malmgeologiske symposier" i 1981, 1983 og 1985 og andre møter, f.eks. MALM - 79 o.s.v.

Drivbar og stort sett drivverdige delen av Tverrfjellets oppfarte og tilredet kisseforekomst er blitt ca. 1,8 km lang, med gj.snittlig strøkkretning 90 - 100 grader, vest - øst og med gj.snittsfall på 85 grader mot nord. Feltstupningen varierer fra 10 til 45 grader, mot øst, med gj.snitt 20 - 25 grader. Gj.snittsdybdeutsrekning er på ca. 500 m (til kote Z + 490 m o.h.). Malmmekthetene er stort sett uregelmessige og varierer i den drivbare delen av forekomsten fra 3,0 m til 65 - 70 m. Disse mektighetsforandringene er blitt utviklet ved hjelp av hovedsaklig 2 kaledonske foldningsfaser. Her er ikke medregnet primære avsetningsmektheter, forårsaket med fordypninger i sedimentær område og slumping (primær mud - flow strukturene).

Tverrfjellets uregelmessige linseformede plate - malmkroppen er oppdelt i 5 såkalte malmsoner med forkastningene dannet under slutfaser av neokaledonske orogen-prosesser. Strøkkretningen av disse store neokaledonske normale forkastningene er 120 grader til 160 grader, nord-vest til syd-øst med fall på 30 til 50 grader mot syd-vest. Mektighet av mylonitt og/eller breksjemylonitt-forkastningssoner varierer fra 0,5 m til 2 m. Bevegelsene langs disse eldre forkastningene har vært kompliserte, også delvis roterende med varierende høydesprang og/eller horisontalforskyvning fra 1-2 m opp til 60-80 m. Man finner vestligst malmsone I og videre østover malmsone V, IV, VI og østligst malmsone VII som er i øst begrenset med ovenfornevnte permiske "Storforkastning". Se bilag nr.10.

I.e. M a l m t y p e r / k a r a k t e r i s t i k k.

I Tverrfjellet gruve finnes det 3 hovedmalmtyper. Den stratigrafisk yngste malmtipe finner man mot nord-malmgrensen. Denne malmtipe er representert av stort sett middelskornig, sonevis også finkornig massiv, men stedvis båndet svovelkis-rik malm. Grunnmassen/metatekten er stort sett kvarts som utgjør 25-40 % av totale malmmasse. Denne malmtipe er stort sett fattigere på kobberkis som er finfordelt som mikrofyllinger i kataklastiske sprekker og/eller som små fliser, rader rundt hypidioblaster og kataklastiske ksenoblaster av svovelkiskorn. Stedvis finnes små inneslutninger av kobberkis i tredje generasjon idioblaster/hypidioblaster av svovelkis. Sinkblende, som er rik på jern i gitter og har innhold av cadmium opp til 3 % er meget kataklastisk og finnes som smittet korn eller halvkorn rundt svovelkiskorn og i mikrosprekker omgitt av masseformet kobberkis og/eller magnetkis grunnmasse. Sinkblende finnes også stedvis som inneslutninger i svovelkis idioblaster/hypidioblaster av tredje generasjon. I denne malmtipe finnes det områder hvor sinkblende ksenoblaster/hypidioblaster er blitt konsentrerte/oppsamlete i parallelle slirer, striper og tynne bånd, ofte konforme med nordlig/hengmalmgrense. Tykkelse av disse varierer fra 2 - 3 mm opp til 10 - 20 mm.

I enkelte områder finnes det soner med varierende kalsiumkarbonatt/sideritt/ankeritt-karbonatt innhold i metatekt og bare stedvis finnes det slepete linser av finkrystalinsk hvit marmor, maks. 100 - 150 mm lange og 50 - 70 mm tykke. Som aksesoriske mineraler finnes det skjelden tenanitt, tetrahedritt, elektrum, blyglans og meget skjelden arsekis og gedigent gull (meget små mikroskopiske tynne plater mest i svovelkis). I enkelte steder, nær malmgrensen er malmen av denne type båndet og rik på kvarts i grunnmassen. Denne malmtypen nr. I, har gj.snittgehalter 0,5 % Cu, 1,6 % Zn og 38,5 % S. Som aksesoriske ikke metaliske mineraler finnes det stedvis kloritt, biotitt, serisit, epidot og hornblende. Totalt utgjør denne malmtypen ca. 70 % av Tverrfjellets drivbare malmkroppens volum, men den utgjør opp til 90 % av malmsone I-volum og opp til 80 % av malmsone IV-volum.

Den neste og eldre malmtypen II ligger nær den sydlig/ligg-malmgrensen. Denne malmen er en båndet middelskornig og finkornig svovelkismalm, ofte rik på kvarts i grunnmasse, med enkelte, eller mange parallelle slirer, striper og tynne bånd av meget finkornig, kataklastisk magnetitt. I enkelte områder er magnetittstriper eller bånd rike på kvarts i grunnmasse. Denne II malmtypen er stort sett fattigere på sinkblende, men den er ofte rik på kobberkis, sammen med magnetkis. Disse to sulfider danner små orienterte fliser, reder og blærer av masseformet grunnmasse, men stedvis finnes de som fylling av tverrsgående og diagonale sprekker, maks. 1 - 1,5 mm tykke. Begge disse metalsulfidene er disseminerte/remobiliserte. Aksesoriske mineraler som finnes i malmtypen I, finnes bare meget skjelden i denne malmtypen II, men Au og Ag finnes sannsynlig i gitter i kobberkis (bekreftet i mikrosondeundersøkelsene av T. Malvik 1984 og 1985). Bare i enkelte soner i malmsone V og IV under nivå 6 og i malmsone VI finnes det opp til 20 - 25 % ren magnetitt. Representativ gj.snittsanalyse for denne II malmtypen er 1,80 % Cu, 0,35 % Zn og 23,60 % S.

Den tredje og eldste malmtypen finnes ved sydlig/ligg-malmgrensen, stort sett bare i malmsone IV under nivå 6 og i malmsone VI og VII hvor det er opp til 30-40 % av totalt volum malm in situ. Denne tredje Tverrfjellets malmtypen kan karakteriseres som disseminert (impregnasjons) malm rik på remobiliserte metalsulfider som kobberkis og magnetkis. Svovelkis finnes konsentrert i tynne uregelmessige slirer, striper og tynne bånd, slepete, avskyvete linser og linsestriper eller som rekrystaliserte gjenvnt og/eller ugjevnt spredte små idiolaster. Masseformet kobberkis finnes sammen med masseformet magnetkis i små orienterte fliser, slirer, reder og blærer. Disse finnes bare stedvis og skjelden i størrelse opp til 100 - 200 mm i diameter. Hele 80 - 85 % av volum av denne III. malmtypen er skapt av ikke metalliske mineralene. Den tredje malmtypen består stort sett av en klorittrik, biotitt førende, kvarts, albitt, hornblende og epidot holdig fylonitt slireglimmerskifer/grønnskifer med slepte slirer, striper av metakvartsitt (cherts) og metahydrotermal kvarts. Metakvartsitt inneholder stedvis finkornig kataklastisk magnetitt og magnetitt-pigment. Malmtypen III er ofte sterk isoklinal og ptygmatisk foldet. Tverrfjellets disseminert/impregnasjons malm oppstår fra sterk deformerte matningssoner for vulkanske ekshalasjoner under og nær havbunden i randsonene av underordovisiske vulkanske rigger (feeder zone, feeding ground). Representativ gj.snittsanalyse for denne malmtypen III er 2,8 % Cu, 0,2 % Zn og 13,8 % S. Aksesoriske metalholdige mineraler/sulfider beskrevet i malmtypen I finnes i denne malmtypen meget skjelden. Ag og Au finnes som i malmtypen II oftest tilknyttet gitteren av remobilisert kobberkis (undersøkt av T. Malvik). I tillegg finnes det flere identifiserte subbmalmtyper som ble beskrevet i gruvegeologens rapporter i årene 1969 t.o.m. 1987.

I.f. Oppfaring, tilredning / brytningsmetode.

Tverrfjellets forekomst ble åpnet til nivå 6 med skrasjakt 1. Se lengdesnitt av gruva på bilag nr.10. Denne skrasjakt går fra dagen 1.075 m.o.h. til 635 m.o.h., d.v.s. under nivå 7 p.g.a. av at senere ble denne forlenget. Skrasjakta er drevet i liggen, på sydsiden av malmkroppen. Denne er drevet ca. 7,5 m² og 45 graders hellingsvinkel. Heislengden er 640 m. Skippen tar nyttelast på 5,5 tonn og linehastigheten er 2,5 m/sek. Skrasjakt nr. 2 går fra nivå 5, ned til under nivå 7, ca. under borort nr. 821.

Knusestasjonen befinner seg på nivå 6- vest, og råmalmsiloene over nivå 6 vest, ved enden av skråbane d.v.s. på toppen av denne skråbane. Knuseanlegget er forbundet med loddsjakt, med en 270 m lang belteort som går først til silotoppene på nivå 5, ved loddsjakt. Og har tverrsnitt 7,3 m². Beltet har bredde 0,8 m, hastighet 1,5 m/sek. og maks. kapasitet 500 tonn/time. Under siloene, over nivå 6, ved loddsjakt er automatisert lastestasjon for oppknust råmalm.

Loddsjakt har dagåpning 1.100 m.o.h. og går ned til 710 m.o.h., d.v.s. til under nivå 6. Loddsjakta er strosset i hengen av malmkroppen i mafiske metatuffer og amfibolitter, med meget bra bergmekaniske egenskaper. Den er strosset til et sirkulært 23 m² tverrsnitt mot stigort. I loddsjakten er det støpt betongringer for hver 6 m. Malmskip og heiskurv er bygd sammen. Heiskurven har plass til 37 mann og malmskippen tar 13,5 tonn nyttelast. Hastigheten ved malm/gråbergheising er 12 m/sek. og ved personheising 6 m/sek. Heislengden er 380 m og kapasiteten ved råalmheising er ca. 400 tonn/time. Råalmen tappes i heiskurven via veicelle.

Skråbanen er anlagt på nordsiden av malmkroppens uregelmessige plate, d.v.s. i hengen i amfibolitt- og amfibolittskiferkompleks, som har meget gode bergmekaniske egenskaper. Den er drevet med tverrsnitt 6x7 m og helling 1:10 langs rett-strekningene og 7x7 m og helling 1:15 i kurvene. Fra skråbanen er det drevet tverrslag til borortene og utlastningsnivåene. Tverrslagene har tverrsnitt 6x7 m og er lagt i planlagte pilarer. Borortene drives ca. midt i malmen, langs strøkkretning og tverrsnittet er 4x5 m. Vertikal avstand mellom borortene er ca. 30 m. Vertikal avstand mellom hovednivåene/utlastningsnivåene er ca. 60 m, men avstanden mellom nivåene 7 og 8 er ca. 110 m.

Det benyttes langsgående skivebrytning. Opplegget framgår av bilagene nr.11 og 12. Strosserom-lengder, d.v.s. fra pilarkanten til pilarkanten er gj.snittlig 60-75 m. Pilarbredden varierer fra 15 til 20 m avhengig av geologiske strukturer, bergmekaniske forhold og ikke minst av maktighet/kvalitet av malmen i området. Pilarene orienteres parallelt med den største hovedspenningsretningen. Produksjonsboringen på borortene utføres med el.hydrauliske langhullsrigger. Hulldiameter for produksjonsboringen er 51 mm. Horisontal avstand mellom produksjonsborhullsviftene er 1,8 m. Produksjonsboringen planlegges etter konstruerte geologiske profiler i målestokk 1:250. Brytningsgrensene digitaliseres til IBM - PC og bearbeides ved hjelp av program utviklet på NTHs-bergavdeling. På denne måten unngår man store problemer med sidegråbergtilblandingen til produsert råmalm. Sprengstoffet som benyttes er Anolitt og Anolitt F, med Dynamitt 40x400mm som bunnladning og primer. Det skytes vanligvis 1 vifte i salven. Etter maktigheten varierer tonnasjen mellom 4-6000 tonn råmalm i slaven. Nedskutt råmalm lastes på hovednivåene fra kraterapningene og transporteres til siloene over knusestasjonen ved hjelp av trucker med 35 tonns nyttelast (CAT 769B/C). Transporten pågår i skråbanen. Frisklufttilførselen skjer gjennom 16 m² ventilasjonsloddsjakt til nivå 6, hvor luften fordeles ned til nivåene 8 og 9 og til borortene, verkstedet og knusestasjonen. Friskluftsmengden som bringes til gruva

er 400.000 m³/time. Denne luftmengde må forvarmes på vintertid. Avtrekk skjer gjennom 4 avtrekkssystemer, henholdsvis fra nivå 8-øst og vest fra skrabanetopp og gjennom skråsjaft 1.

II. MALMENS DEFORMASJONSSTRUKTUR.

II.a. Strukturelle hovedtrekk.

Det er kjent at geologisk og tektonisk situasjon ved Tverrfjellet gruve er stort sett meget komplisert. Man finner store variasjoner av malmens mektighet og kvalitet, som er nettopp forårsaket med komplisert struktur tektonikken. Bruddtektonikken skaper sonevis også store problemer for planlegging av tilredning og brytning. Det gjelder spesielt de områder med større avsprang og/eller horisontale forskyvninger av malmsoner. Se bilagene nr.13 og nr.14. Man har i Tverrfjellet gruve fra 1969 gjort et grundig geologisk og tektonisk kartleggingsarbeid i målestokk 1:250 og 1:500. Studiet av strukturtektonikk, bruddtektonikk og litostratigrafi av de nærliggende sidebergartene i hengen og liggen av kishorisonten ble viet stor oppmerksomhet. Disse forholdene ble kartlagt i horisontale snitt ved alle hovednivåene og alle borortene og i vertikale snitt. Som grunnlag for detaljkartleggingen er også brukt resultater av detaljert diamantboring. En systematisk knakkprøvetaking og borkjerne-prøvetaking i malmsoner og nærliggende sidebergarter har gjort det mulig å konstruere kotekart og koteprofiler av de viktigste elementer som finnes i malmen. Disse kart og profiler er brukt hovedsaklig til produksjonsplanlegging, men disse gir oss god oversikt over kompliserte foldningsmønstre i de viktigste områdene med store mektigheter, og over antikorelasjon mellom kobber og sink, og kobber og svovel, og korelasjon mellom sink og svovel. Kotekartene og koteprofilene er de viktigste hjelpemidlene til å få frem foldningsmønsteret i de malmområder hvor malmtypen II og III mangler eller hvor situasjonen er så komplisert at detaljert kartlegging ikke løser problematikken alene.

II.b. Foldesett / foldedata.

Tverrfjellets forekomst befinner seg i sydlig, sterk foldet flanke av synklinorium av kompleks av "Störengruppens grønnsteinene" som strekker seg fra Lesja over Hjerkinns til Elgsjøen, og videre mot nord-nord-øst. Gj.snittlig har sydflanken av denne synklinorium fall på 85 grader mot nord, men nordflanken av denne synformen har gj.snitts fall på omkring 30 grader mot syd. Synklinoriets gj.snittslige aksefall er mellom 5-10 grader mot øst og nord-øst. Ved selveste gruveområdet og i gruva ble det utført fra 1969-1986 tusenvis av tektoniske målinger under kartleggingsarbeidene. Disse foliasjons-, lineasjons og foldeaksemålingene ble plottet til Wulff-diagrammene over enkelte delområder. Resultatene viser at det finnes to hovedfoldefaser og en tredje subfoldefase. Den første foldefase F1 danner stort sett isoklinale fold av både små og store dimensjoner. Aksefall av F1 varierer mellom 20 - 30 grader mot øst, øst-nord-øst, men stedvis mot øst-syd-øst. Bare sonevis er aksefallet av F1 mindre enn 20 grader og/eller større enn 30-35 grader. Denne foldefase F1 bygget faktisk opp en drivbar og drivverdig kisforekomst. De store og mellomste foldene av denne fase er meget godt synlig i de områder av forekomsten, hvor det er utviklet malmtypen II og malmtypen III. Disse foldene vises også godt på isoanomaliekotekart og koteprofiler av hovedmetall/element-gehalter, p.g.a. anrikninger av remobilisert kobberkis i

foldekneerne, under intensiv dynamometamorfose.

Den andre foldefase F2 utvikler lukkede og normale folder, med stort sett større amplitude opp til flere titalls-meter, spesielt i dypet under nivå 8, hvor disse foldene er mere åpne. Disse foldene av foldefase F2 ombøyer F1 i enkelte områder og faktisk fordoblet mektigheter av malmsone. Aksefall av F2 foldene er på 15-20 grader mot øst og øst-syd-øst, stedvis også øst-nord-øst. Sonevis er aksefall av disse foldene mindre enn 10-15 grader og bare skjelden større enn 30 grader.

Bare stedvis finnes aksefall av F2 foldene som stuper mot vest under 10-20 grader. Den tredje og sannsynligvis yngste foldefase F3, danner bare flate folder av forholdsvis stor amplitude som lett ombøyer de to eldste foldefasene F1 og F2. Foldeaksene av F3 stuper forholdsvis steilt mot nord, nord-nord-øst og/eller nord-nord-vest under 60-80 grader, men i enkelte deler av de øverste deler av malmsone I.V og IV stuper foldeaksene av F3 også syd-syd-vest under 70-85 grader.

Lineasjon/foliasjon har stort sett strøkkretning omkring 100 grader øst-vest og fall er i øverste deler av gruva steilt mot syd, ca. 80-85 grader. Under nivå 7 er fall på foliasjon ikke så bratt, og i enkelte områder er det bare 50-60 grader mot nord. Total gj.snittlig foliasjonsfall er på 85 grader mot nord. I enkelte soner finnes det skyvninger og avslutninger som er forårsaket med sterke tektoniske bevegelser ved avslutning av den første og delvis også den andre foldefase. Se bilag nr.15 og nr.16, hvor det finnes slepete og avslitte rester av isoklinale flanker og kneer i massiv malmen nær hengmalmsone. Det finnes meget ofte slike skyvninger og avslutninger i sterk tektoniserte deler av malmsone III, ved den sydlige malmgrensen.

II.c. S t r u k t u r e n s i n n f l y t e l s e .

Som det er tidligere nevnt, er de sentrale deler av forekomsten utviklet til en drivbar og drivverdig malm fra en primær, sannsynligvis tynn kisse, ved hjelp av mektig isoklinal foldning av stort sett foldefase F1 av en neosilursk og/eller paleodevonsk alder. De primære mektighetene antas å ikke bli over 2-5 m og i ekstreme tilfeller 10 m. Variasjoner i gehaltene av de viktigste metallene/element er også sterkt påvirket av strukturtektonikken d.v.s. med dynamometamorfose. Man har funnet anrikninger av remobilisert masseformet kobberkis sammen med blærene og fliser av masseformet magnetkis i kneerene av isoklinale og lukkede folder og også i slepete-, avslitte soner, hvor disse to metalsulfider finnes i orienterte fliser, slirer, små blærer og små reder, skjelden maks. 100-150 mm i diameter. I disse soner finnes det også stedvis gjevnt, stedvis ugjevnt spredte idiohlaster av svovelkis av 3. og 4.- generasjon som er opp til 10 mm i diameter store. Områder med slik utvikling er mest kjent fra malmsone IV, VI og VII under nivå 7. I de midterste delene av malmsone IV, under nivå 7, på borort 822 og 832 er det dokumentert "durch-bevegung"sone med slepete og avrundete store bolier av metakvartsitt (chert) som stammer fra eldre liggside av malmsone og ble isoklinal innfoldet i midten av nåværende malmkropp og senere avslitt og skyvet videre. I kloritt-biotitt rik mylonitt i denne "durch-bevegung" sone finnes gjevnt spredte disseminerte metalsulfider (CuFeS_2 , FeS og FeS_2). Gj.snittsgehalt i denne sone er 3,90 % Cu, 0,14 % Zn og 8,75 % S. Korte- og koteprofilene over metall/elementgehaltene bekrefter alle disse observasjoner som ble oppsamlet under detaljert kartlegging i gruva i mange år. Se f.eks. bilag nr.17,18,19,20,21 og 22. Strøkkretningene og fall av avskyvningene og avslutningene er stort sett konform med retningene og fall av foldeflankene av foldefase F1 i og/eller foldefase F2.

II.d. M a l m a k s e r.

Malmaksene i Tverrfjellet gruve har stort sett samme strøkkretningene som foldeaksene av F1- foldningsfase. Disse malmaksene stuper stort sett mot øst og øst-syd-øst, stedvis også til øst-nord-øst under 20-30 grader bare stedvis og mere skjelden under 10-20 grader og/eller under mere en 35 grader. Store eller større mektigheter i malmkroppen følger ofte nøyaktig i disse malmaksene. Som tidligere nevnt større mektigheter oppstått i soner, hvor flere isoklinale fold (F1) er blitt klemt sammen. Disse observasjoner ble gjort i den første fase av prospekterings virksomhet i Tverrfjellet gruve i 1969-1970, først og fremst ved hjelp av systematisk utført diamantboring. Godt bekjentskap med primær/malmakser ga oss enestående grunnlag for planlegging av oppfaring og tilredning i gruva. I dagens situasjon utnytter man disse opplysninger ved planlegging av brytningsprogram. Det ble spesielt viktig for planleggingen av hovedtranssportorter på hovednivåene og skråbane. I dette tilfelle ble ønsket at disse ortene ligger i bestemt avstand fra malmsonen, med tanke på sikkerheten etter at strøkkspenningene utløses når malmen blir bruddt. Sekundære malmakser ble mulig å kartlegge etter mere detaljert diamantboring. Disse sekundærakser feller strøkkretningene og fall av enkelte lokale systemer av mere spesielt utviklet F1-foldeakser, men hovedsaklig er disse skapt lik F2-foldeaksene. Godt bekjentskap med disse sekundærakser, beliggenhet og utvikling i gruva ble utnyttet senere ved planlegging av driftsretninger for bororter og spaltetverrslager, spaltestigerter og ved pilarenes utforming, hvor det ble tatt hensyn til både generelle bergmekaniske lover og strukturtektonikken og også kvalitative forhold av malm som ble igjen.

II.e. N e g a t i v i n n f l y t e l s e.

For planlegging av brytning er det mest viktig å ta hensyn til først og fremst malmens kvalitet d.v.s. til malmverdi. Den andre og ikke minst viktige økonomiske faktor er sidegråberginnblandingen. Større mengder av sidegråberginnblanding i råmalmen vil fordyre lasting og transport av råmalm i gruva, men samtidig utløse problemer for knuseanlegget og møllekretsen (større slitasje), og skaper vanskeligheter (økonomiske tap) for oppredningsprossessen, spesielt med tanke på utvinning av enkelte mineraler og/eller forurensing av enkelte konsentrater. Disse ugunstige innflytelser har man i tankene når man planlegger brytning i områder med kompliserte strukturelle forhold i Tverrfjellet gruve. Det finnes spesielt vanskelige forhold i malmsone IV, VI og VII mellom nivå 7 og nivå 8 og i malmsone VII under nivå 8. Her finnes det to isoklinalt sammenfoldete soner som stuper ca. mot øst under 20-25 grader i gj.snitt. I enkelte områder er disse slepet og flat foldet ved hjelp av F2-foldefase f.eks. i strosse nr.6 og nr. 7 og 8, og spesielt i strosse nr.9 og 10 under nivå 8. Se eksempel på bilag nr.23 og nr.24.

II.f. S t ø r r e s k y v n i n g e r.

Bruddtektonikken har skapt de største problemene med skyvninger/avskjæringer av malmsone i Tverrfjellet gruve. Disse problemer ble løst ved å detaljkartlegge bruddtektoniske forhold i gruva. Man hadde kartlagt forkastningene på bororter og på hovednivåene og i stigorter, men også ved nøyaktig tolkning av borkjernene. Det peker seg ut to forkastningssystemer som skaper de mest betydningsfulle skyvninger både i horisontal og vertikal plan. De viktigste er neokaledonske forkastningene, med gj.

snitts-strøkkretning 120-160 grader og gj.snittsfall på 30-50 grader mot syd-vest. Mylonitt og/eller breksje-mylonitt soner av disse forkastninger har mektigheter som kan varierer fra 0,5 m opp til 2 m. I hengen og liggen av disse forkastninger er utviklet soner med syntetiske og antitetiske sprekker, som gir problemer under drift med hensyn til sikkerheten og under bryting med hensyn til sidegråbergtilblanding. Høydesprang og horisontalforskyvning av malmsone ved disse forkastningene varierer fra 1-2 m opp til 60-80 m. Se eksempl på bilag nr.13 og nr.14. Den yngste bruddtektoniske system som begrenset Tverrfjellets økonomiske del av kisleforekomsten mot øst er den tidligere omtalte ca. nord-syd gående "Storforkastning" med strøkkretning 10-15 grader og stabil fall på 50 grader mot øst. I liggen og hengen av denne forkastning er det også utviklet systemer av syntetiske og antitetiske sprekker (etter nomenklatur av Closs). Ved planlegging av brytning er det viktig å ta hensyn til disse forkastningssystemer og syntetiske og antitetiske sprekkesoner. Avskjæringer eller skyvninger av malmsone i forbindelse med avslutning av foldefaser har ikke stor betydning i Tverrfjellet gruve.

III. REMOBILISERING.

III a. økning av gehalter.

Som tidligere nevnt merker man økning av kobber gehalter i foldekneene av foldefase F1, men også foldefase F2. Gehalter av kobber øker også betydelig i slepesoner ved sydlig/ligg-malmgrensen, hvor kobberkis sammen med magnetkis remobiliseres stort sett fra de primære, matingssoner (feeder zone). Se bilag nr. og kapittel I.e. Sink-gehalter og sølv- og gull-gehalter er større i malmtypen I, d.v.s. i den yngste malmtypen som ligger nær nordlig/heng-malmgrensen. Se kapittel I.e. I nærheten av store forkastninger ble det kartlagt 2-3 m brede soner av finkornig kataklastisk malm med lavere kobber-gehalter (kobberkis ble remobilisert fra disse soner ved stress).

III.b. Plastiske prosesser.

Under de kjente orogenetiske prosesser i slutten av silur og i løpet av av devon perioder d.v.s. under de kraftige foldeprosessene (kraftig dynamometamorfase) ble de primære metalsulfidene rekrystalliserte og remobiliserte. I Tverrfjellet gruve finner vi i alle de tidligere beskrevne tre hovedmalmtypene, godt bevis for rekrystallisering og remobilisering av metalsulfider. Svovelkis finnes stort sett i tre generasjoner. De første generasjoner er bevarte som små kataklastiske ksenoblaster, ofte sterk oppsprukket. Den tredje, eventuelt fjerde generasjon er utviklet som små hypidioblaster og idiblaster. Disse kan stedvis inneholder små innesluttninger av svovelkis av 1. generasjon og av sinkblende og av magnetkis. Sinkblende og magnetitt finnes stort sett som små kataklastiske ksenoblaster, konsentrerte i enkelte parallelle slirer, striper og/eller tynne bånd omgitt av kvarts-grunnmasse og/eller remobilisert, masseformet grunnmasse, av kobberkis og kobberkis/magnettkis. Her henvises det til detaljerte undersøkelsesresultater som ble gjort for Follidal Verk A/S av T.Malvik, SINTEF. I malmtypen III, d.v.s. i disseminert/impregnasjonsmalm finnes det idioblaster av svovelkis av 3/4.- generasjon som kan bli opp til 10-15 mm i diameter, men de finnes stort sett skjelden og bare stedvis. I liggen og/eller i hengen av de store hovedforkastningene finnes det 2-3 m brede kontaktsoner av sterk kataklastisk deformert, finkornig

og stort sett massiv svovelkismalm som er fattig på kobberkis. De mere mobile metalsulfider som kobberkis og magnetkis ble fra disse soner utpresset både til områder av malmkroppen som ligger lengre fra stressentret, men også til nærsone av mylonitt/breksjemylonitt av forkastning. I malmtypen II finnes det stedvis mange tverrsgående eller diagonale sprekker som ble etterfylt med remobilisert, masseformet kobberkis og/eller magnetkis. Disse sprekker er maks. 1-1,5 mm tykke. Mere om malmpetrografi av de tre hovedmalmtyper finnes i kapittel 1.e.

IV. OPPSUMMERING.

Ved oppfaring og tilredning sparer man på store utgifter når man driver etter godt bearbeidet og tolket strukturtektonikk. Det har vist seg spesielt i de dypere liggende områder av Tverrfjellet gruve, under nivå 6 i malmsone IV, VI og VII. Man kan også planlegge en riktig utforming av strosserom med hensyn til strukturtektoniske forhold i malmen og siderbergarter. Dette vil bidra til å hindre sidegråbergtilblanding i råmalm og bedre økonomien betraktelig. Uten kunnskaper om de virkelige geologiske forhold og uten god geologisk kartmaterial/dokumentasjon vil et bergverk som Tverrfjellet gruve er, kunne sette seg i alvorlig økonomisk situasjon. Det er i dag mulig å planlegge blanding av råmalm av forskjellige kvaliteter fra flere brytningsområder/strosser samtidig. Dette skjer under styrt lasting og transport i gruva. Dette medfører at pågangsgehaltene blir gjevnest mulig og det gir forutsetning for gode resultater i oppredningsverket. I dag har vi mulighet til å kontrollere og styre denne prosedyren ved hjelp av IBM - PC, ved hjelp av godt geologisk kartmateriale, geokjemiske kotekart og koteprofiler og detaljert malmreserveberegning. Man vil enda bedre utnytte og økonomisere mesteparten av alt drivbar malm in situ i gruva. I løpet av flere år, fantes det mange gode råd for videre malmlettingsprogram ved Tverrfjellet gruve. Mesteparten av disse har ikke vært realistiske nok p.g.a. disse ble bygget på stort sett bare teoretiske grunnlag og/eller bare geofysiske målinger og geokjemiske data. Det har til slutt vist seg at de malmlettingsforslagene for nærliggende områder av Tverrfjellet gruve, utarbeidet ved gruvegeologen i 1974 t.o.m. 1979, som ble bygget på realistiske geologiske, strukturtektoniske og litostratigrafiske forhold i gruva, har vært mest riktige. Dette er bekreftet ut fra de erfaringene og resultatene som ble oppnådd i de siste årene. Det er viktig å understreke at en mest mulig riktig planlagt leting etter fortsettelse av malmen må bygge på "tommelfingerregler" som går ut fra de realistiske kunskaper om geologiske og strukturtektoniske forhold i en oppfart, tilredet og godt kartlagt gruve. Det finnes sammenlignebare genetiske trekk, men hver forekomst har sin egen lokale karakter, og man kan ikke kopiere prospekteringsmetoder fra det ene kjente felt til det andre.